**10T**

**УДК 658.012:681.32:621.38**

***Л.И. Тимченко, В.В. Шпакович, Н.И. Кокряцкая, А.А. Герций***
Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина
timchen@svitonline.com

# Разработка избыточной схемы обработки изображений по четырем направлениям

В статье разработан метод избыточной схемы обработки изображений по четырем направлениям, приведена блок-схема алгоритма избыточного уравновешивания, результаты экспериментальных исследований.

## Введение

В результате уравновешивания областей изображения по четырем направлениям формируются четыре результата сравнения уравновешивающих кривых, которых не всегда достаточно, чтобы точно оценить результат распознавания. Поэтому с целью получения более достоверных выходных данных необходимо увеличить число сравниваемых в результате уравновешивания областей изображения. Для этого предлагается следующая схема формирования областей изображения для формирования кривых уравновешивания.

## Уравновешивание областей изображения

На первом этапе автоматически выделялся контур изображения объекта так, как это изложено в работах [1], [2], в соответствии с порогом, который адаптирован к самому изображению, и проводилась фильтрация фона изображения, а затем реализовалась обработка (уравновешивание) пикселей (или связностей пикселей), которые лежат внутри контура полутонового изображения объекта. На втором этапе определялись точки пересечения выделенного контура изображения объекта с горизонтальной, вертикальной и двумя наклонными осями. Дальше проводилось рекурсивное формирование областей для операции уравновешивания путем поворота семи областей изображения на угол – $k \times 45^0$, где $k = 1 \div 8$. Причем первый шаг рекурсии включал начальное уравновешивание одной из избранных областей изображения и семи других областей, повернутых на угол $\alpha = k \times 45^0$. Очевидно, число таких операций уравновешивания определяется числом сравниваемых областей изображения (на первом шаге их восемь). На каждом следующем шаге рекурсии проводилось уравновешивание каждой следующей области изображения и соответственно семи, шести, пяти, четырех, трех, двух и одной областей, повернутых на угол $k \times 45^0$ с соответствующим изменением переменной $k$ на каждом шаге рекурсии – $k = 1 \div 7$, $k = 1 \div 6$, $k = 1 \div 5$, $k = 1 \div 4$, $k = 1 \div 3$, $k = 1,2$, $k = 1$. Причем уравновешивание начальной и повернутых областей изображения ограничено точками пересечения выделенного контура с соответствующими осевыми линиями. Число операций уравновешивания на каждом следующем шаге рекурсии будет на единицу меньше предыдущего шага, что обусловлено повторным уравновешиванием одной пары областей изображения. Таким образом, число операций уравновешивания будет $N = 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 36$.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма избыточного уравновешивания. Два изображения ($A^{<t>}$, $t = 1,2$) последовательно обрабатываются в ходе работы алгоритма.

Задаются начальные данные: $NP = 8$ – число поворотов, $ANGP = 360/NP$ – указывает, сколько градусов на поворот. Считывается изображение $A^{<t>}$. У *BMP* запоминаем текущее изображение $A^{<t>}$. С помощью процедуры уравновешивания Normalize находим центры изображений ($xc^{<t>}$, $yc^{<t>}$).

Каждое изображение образует на 8 шагах рекурсии набор из 36 изображений. Так при $k = 0..7$ шагах рекурсии на $k$-м шаге образуется ($8 – k$) изображений ($j = 0..7 – k$). Изображение $A_{kj}^{t>}$ образуется следующим образом: левая часть ($x < xc^{<t>}$), образованная изображением $A^{<t>}$, возвращенным на угол $k \times 45^0$ (т.е. $A_{k,0}^{t>}$) вокруг центра ($xc^{<t>}, yc^{<t>}$); правая часть – левая часть изображения $A_{k,0}^{t>}$, повернутого еще на $j \times 45^0$ вокруг центра ($xc^{<t>}, yc^{<t>}$).

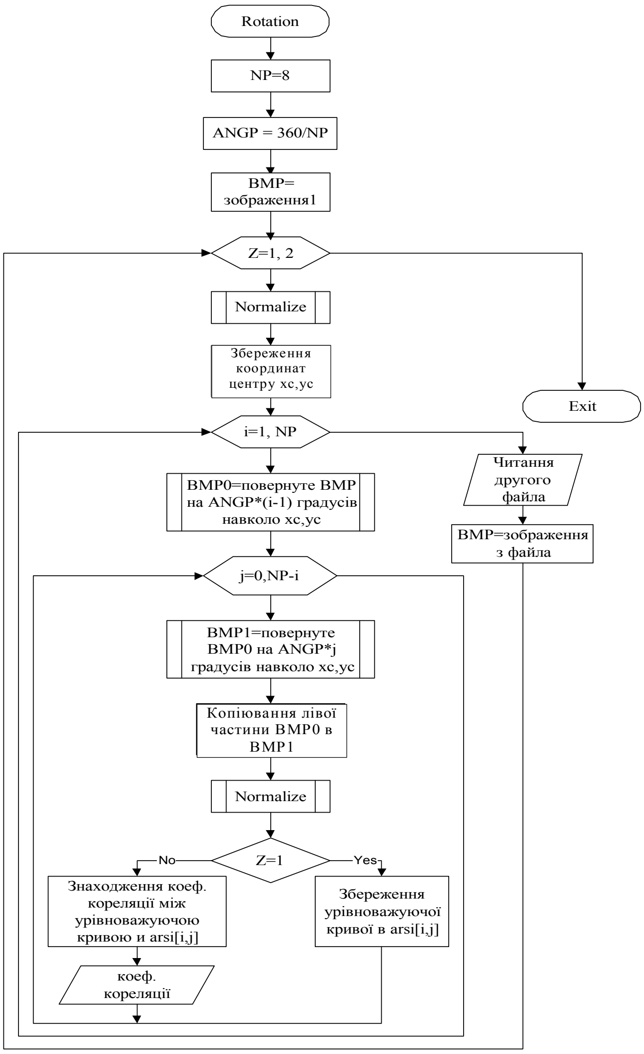



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма избыточного уравновешивания

Таким образом, образуется изображение, сформированное из разных частей текущего изображения.

Дальше для каждого изображения из набора проводится нормализация (процедура Normalize) с получением уравновешивающих кривых и находятся коэффициенты кор-

реляции между уравновешивающими кривыми первого уровня рекурсии

$$0> \quad \text{и} \quad 1>$$

$$A_{k,j} \qquad A_{k,j}$$

$$N_y^0 \qquad N_y^0$$

На рис. 2 представлены результаты обработки изображений лиц по методу избыточного уравновешивания.

Пример № 1. Обработка по алгоритму избыточного уравновешивания изображений человеческих лиц с разной мимикой, в результате чего получаются коэффициенты корреляции при повороте изображений: AGJ\Agj-01.bmp; AGJ\Agj-02.bmp.

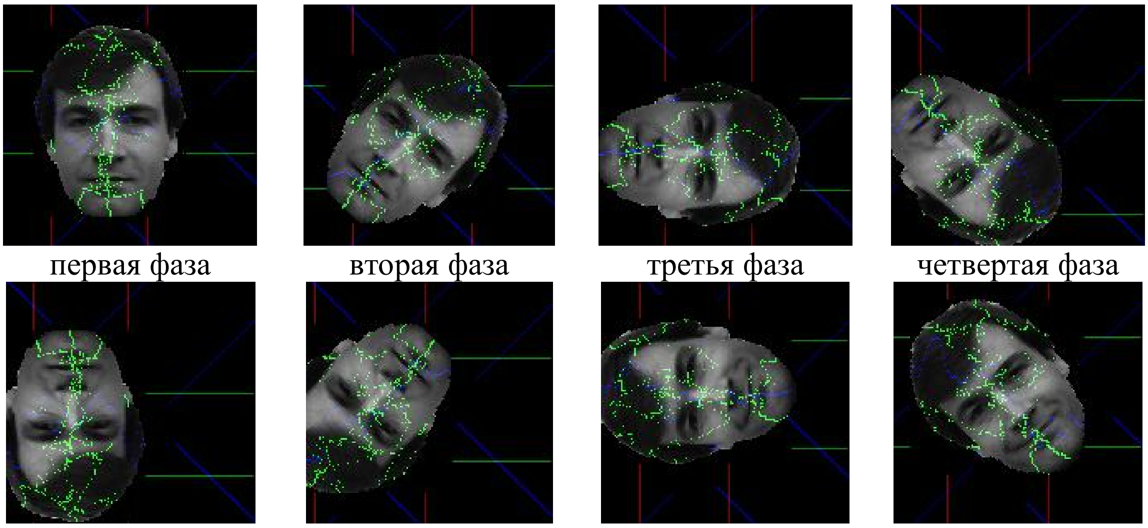



Рисунок 2 – Изображение для формирования первых фазовых коэффициентов в фазовой диаграмме при обработке изображений Agj-01.bmp

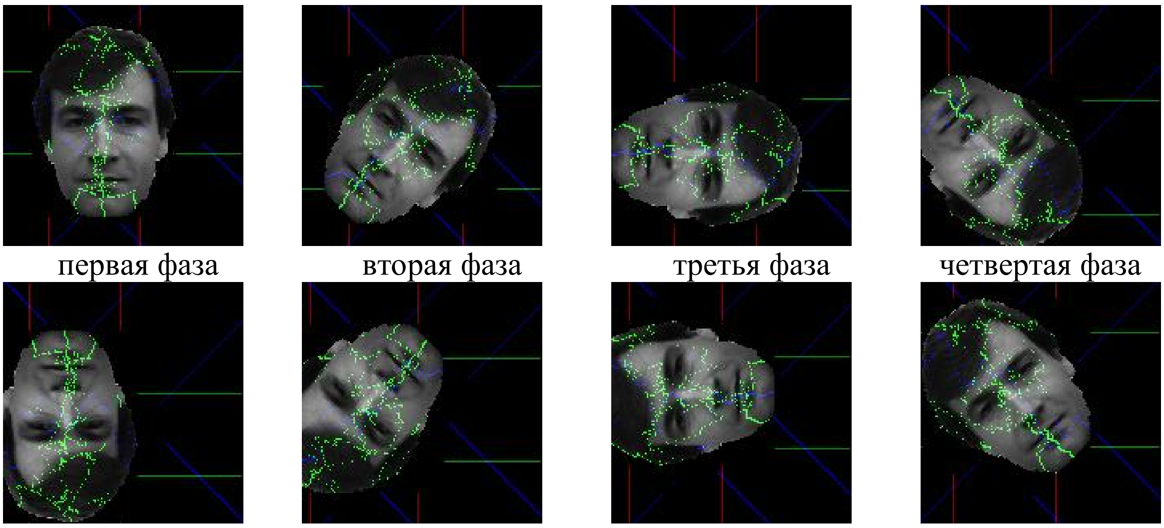



Рисунок 3 – Изображение для формирования первых фазовых коэффициентов в фазовой диаграмме при обработке изображений Agj-02.bmp

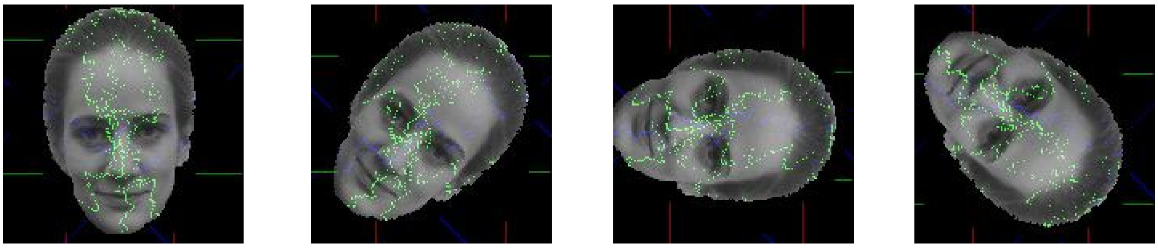
В результате обработки в соответствии с алгоритмом (рис. 1) формируется фазовая диаграмма.

Фаза №1 0.938 0.931 0.866 0.824 0.774 0.969 0.978 0.964
Фаза №2 0.917 0.806 0.728 0.686 0.905 0.941 0.948
Фаза №3 0.796 0.798 0.616 0.888 0.890 0.903
Фаза №4 0.823 0.708 0.584 0.602 0.736
Фаза №5 0.520 0.445 0.818 0.817
Фаза №6 0.885 0.916 0.800
Фаза №7 0.964 0.941
Фаза №8 0.956

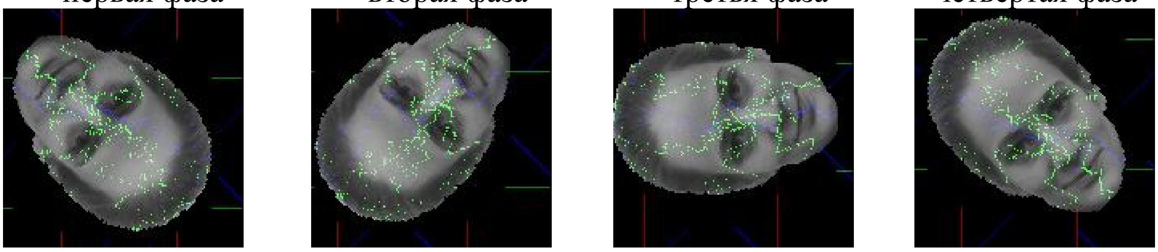
Рисунок 4 – Фазовая диаграмма при обработке изображений AGJ\Agj-01.bmp и AGJ\Agj-02.bmp.

Соответственно с фазовой диаграммой (рис. 4) средний коэффициент корреляции составляет 0,824, что позволяет в сравнении с использованием 1 – 4 уравновешивающих кривых на 5 – 10% повысить качество распознавания.

Пример № 2. Обработка по алгоритму для избыточного уравновешивания изображений разных человеческих лиц, в результате чего получаются коэффициенты корреляции при повороте изображений AGJ\Agj-01.bmp; ALR\Alr-01.bmp.



первая фаза вторая фаза третья фаза четвертая фаза



пятая фаза шестая фаза. седьмая фаза восьмая фаза

Рисунок 5 – Изображение для формирования первых фазовых коэффициентов в фазовой диаграмме при обработке изображений Alr-01.bmp

В результате обработки в соответствии с алгоритмом (рис.1) формируется фазовая диаграмма.

Фаза №1 0.499 0.571 0.533 0.126 0.327 0.617 0.712 0.735
Фаза №2 0.431 0.381 0.149 0.077 0.575 0.786 0.830
Фаза №3 0.290 0.421 0.131 0.449 0.697 0.650
Фаза №4 0.582 -0.024 0.055 0.513 0.455
Фаза №5 0.154 0.292 0.563 0.479
Фаза №6 0.599 0.853 0.675
Фаза №7 0.858 0.716
Фаза №8 0.767

Рисунок 6 – Фазовая диаграмма при обработке изображений AGJ\Agj-01.bmp и ALR\Alr-01.bmp

Таблица 1 – Время выполнения «точной» схемы обработки изображений с корреляционным сравнением уравновешивающих кривых

| Размер изображения | Время вычислений, мс | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Уравновешивание по горизонтали для 1 поля препаратов | Уравновешивание по вертикали и горизонтали для 1 поля препаратов | Уравновешивание по вертикали и горизонтали для 3 полей препаратов | Три шага уравновешиваний по вертикали и горизонтали для 3 полей препаратов |
| 100×100 | 5 | 20 | 110 | 220 |
| 128×128 | 10 | 110 | 220 | 390 |
| 200×200 | 110 | 110 | 500 | 880 |
| 256×256 | 110 | 220 | 660 | 1320 |

Таблица 2 – Оценка времени традиционного корреляционного сравнения изображений

| Размер изображения | Время вычислений, с |
|---|---|
| 100×100 | 0,77 |
| 128×128 | 1,32 |
| 200×200 | 3,13 |
| 256×256 | 4,73 |

# Выводы

В соответствии с фазовой диаграммой (рис. 6) середний коэффициент корреляции при распознавании разных изображений лиц (AGJ\Agj-01.bmp i ALR\Alr-01.bmp) составляет 0,51.

При реализации на ЭВМ обработка изображений была сделана последовательной – сначала обрабатывалось первое изображение и его уравновешивающие кривые были сохранены в массиве $arsi_{i,j}$. Нахождение коэффициентов корреляции происходило после нахождения уравновешивающих кривых для второго изображения.

В табл. 1 и табл. 2 приведены соответственно оценка времени выполнения «точной» схемы обработки изображений с корреляционным сравнением уравновешивающих кривых и оценка времени при традиционном корреляционном сравнении изображений.

Сравнительный анализ табл. 1 и табл. 2 показывает: если для распознавания изображений использовать одну уравновешивающую кривую, то сокращение временных расходов разработанного метода по сравнению с традиционным будет в 43 раза; если для распознавания изображений использовать две уравновешивающие кривые, то сокращение временных расходов разработанного метода по сравнению с традиционным будет в 22 раза; если для распознавания изображений использовать шесть уравновешивающих

кривых, то сокращение временных расходов разработанного метода по сравнению с традиционным будет в 7,2 раза; если для распознавания изображений использовать восемнадцать уравновешивающих кривых, то сокращение временных расходов разработанного метода по сравнению с традиционным будет в 3,6 раза.

# Литература

1. Рабинович З.Л. Представление и обработка знаний во взаимодействии сенсорной и языковой нейросистем человека / З.Л. Рабинович, Г.С. Воронков // Кибернетика и системный анализ. – 1998. – № 2. – С. 3-11.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.korrespondent.net.
3. Хинтон Д.Е. Как обучаются нейронные сети / Д.Е. Хинтон // В мире науки. – 1992. – № 11-12. – С. 103-110.
4. Тимченко Л.І. Конвергентні та дивергентні процеси в реальних та штучних нейронних мережах / Л.І. Тимченко // Вісник ВПІ. – 1997. – № 1. – С. 5-10.
5. Свечников С.В. Квазиимпульсно-потенциальные оптоэлектронные элементы и устройства логико-временного типа / Свечников С.В., Кожемяко В.П., Тимченко Л.И. – К. : Наукова думка, 1987. – 256 с.
6. Timchenko Leonid I. Method for Training of a Parallel-Hierarchical Network, Based on Population Coding for Processing of Extended Laser Paths Images / Leonid I. Timchenko, Yuriy F. Kutaev, Volodymyr P. Kozhemyako [и др.] // Proceedings of SPIE. – Vol. 4790. – 2002. – P. 465-479.
7. Сегментація напівтонових зображень за ознакою зв'язаності : монографія / [Железняк А.Л., Тимченко Л.І., Стасюк О.І. та ін.]. – К. : ДЕТУТ, 2008. – 144 с.
8. Паралельно-ієрархічне перетворення і *Q*-обробка інформації для систем реального часу : монографія / [Ковзель М.О., Тимченко Л.І., Кутаєв Ю.Ф. та ін.]. – Київ : КУЕТТ, 2006. – 492 с.
9. Тимченко Л.І. Компактний опис моделей зображень для класифікації образів / Л.І. Тимченко, С.В. Чепорнюк, Ю.Ф. Кутаєв, О.А. Герцій // Вісник ВПІ. – 1998. – № 2. – С. 72-83.
10. Aggarwal J.K. Object recognition and performance bounds / J.K.Aggarwal, Shishir Shah / Proc. Image Analysis and Processing, (Florence, Italy, September 17 – 19, 1997). – P. 343-360.
11. Кожем'яко В.П. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп'ютера : монографія / Кожем'яко В.П., Тимченко Л.І., Яровий А.А. – Вінниця : Універсум – Вінниця, 2005. – 161 с.
12. Timchenko L.I. A Brain-Like Approach to Multistage Hierarchial Image. Springer-Verlag Processing / L.I. Timchenko, Y.F. Kutaev, S.V. Chepornyuk [и др.] // Proc. Image Analysis and Processing, (Florence, Italy, September 17 – 19, 1997). – P. 246-253.
13. Hebb D.O. The Organization of Behavior / Hebb D.O. – Wiley, 1949.
14. Вступ в алгоритмічну теорію ієрархії і паралелізму нейроподібних обчислювальних середовищ та її застосування до перетворення зображень. Основи теорії пірамідально-сітьового перетворення зображень / [Кожем'яко В.П., Тимченко Л.І., Кутаєв Ю.Ф., Івасюк І.Д.]. – К : УМК ВО, 1994. – 272 с.

***Л.І. Тимченко, В.В. Шпакович, Н.І. Кокряцька, О.А. Герцій***
**Розробка надлишкової схеми обробки зображень по чотирьох напрямках**
У статті розроблений метод надлишкової схеми обробки зображень по чотирьох напрямках, наведена блок-схема алгоритму надлишкового зрівноважування, результати експериментальних досліджень.

***L.I. Tymchenko, V.V. Shpakovivh, N.I. Kokryatskaya, O.A. Gertsiy***
**Development of Redundant Chart of Processing of Images on Four Directions**
The method of the redundant chart of image processing on four directions is developed. The block-scheme of redundant balancing algorithm and results of experimental investigations are presented.

*Статья поступила в редакцию 21.04.2008.*